

Approximation Algorithms for Distance Independent Set and Induced Matching Problems

著者	柳 植竜
発行年	2019-03-25
その他のタイトル	距離独立集合問題および誘導マッチング問題に対する近似アルゴリズム
学位授与番号	17104甲情工第339号
URL	http://hdl.handle.net/10228/00007168

氏 名	柳 植竜 (中華人民共和国)
学 位 の 種 類	博 士 (情報工学)
学 位 記 番 号	情工博甲第339号
学位授与の日付	平成31年 3月25日
学位授与の条件	学位規則第4条第1項該当
学位論文題目	Approximation Algorithms for Distance Independent Set and Induced Matching Problems (距離独立集合問題および誘導マッチング問題に対する近似アルゴリズム)
論文審査委員	主 査 教 授 宮野 英次
	〃 佐藤 好久
	〃 平田 耕一
	〃 藤原 暁宏
	准教授 斎藤 寿樹

学 位 論 文 内 容 の 要 旨

本学位論文では、最大距離 d 独立集合問題（以下ではMaxDdIS問題）および最大誘導マッチング問題（以下ではMaxIM問題）という2つのグラフ最適化問題を扱っており、それぞれの問題に対する近似アルゴリズムを提案している。

(1) 最大独立集合問題 (MaxIS問題) は、組合せ最適化分野や離散アルゴリズム論の分野において、最も重要なグラフ最適化問題の一つであり、スケジューリング、コンピュータビジョン、パターン認識、符号理論などにおいて多くの応用が知られている。そのため、様々な視点から多くの研究が行われてきた。MaxDdIS問題は、ある意味、距離に関してMaxIS問題を一般化した問題であり、以下のよう to 定式化できる。整数 $d \geq 1$ について、無向グラフ G の距離 d 独立集合DdISとは、DdISの任意の2頂点間の距離が d 以上であるような頂点部分集合のことである。MaxDdIS問題は、与えられたグラフ G の中から頂点数が最大になるような距離 d 独立集合を見つける問題である。提出論文の主な結果は以下である。(i) 入力を立方体グラフ (3次正則グラフ) に限定したとしても、MaxD3IS問題に対して1.00105近似することがNP困難であることを示している。(ii) ある定数 $d \geq 3$ および $r \geq 3$ について、入力を r 次正則グラフに限定した場合のMaxDdIS問題の近似下界を、ギャップ保存帰着証明法を利用して示している。(iii) 入力を r 次正則グラフに限定した場合のMaxDdIS問題に対して、多項式時間で動作する $O(r^{d-1})$ 近似アルゴリズムと $O(r^{d/2}/d)$ 近似アルゴリズムを提案している。(iv) 入力を立方体グラフに限定した場合には、MaxDdIS問題に対して2近似アルゴリズムが設計できることを示している。さらに、(v) 近似アルゴリズムを設計する上で処理が難しい部分グラフに対して前処理を施すことにより、入力を立方体グラフに限定した場合には、MaxDdIS問題に対して1.875近似アルゴリズムが設計できることを示している。(vi) 入力を平面グラフに限定した場合には、MaxDdIS問題に対して、多項式時間近似スキームを設計している。

(2) MaxIM問題は、最大マッチング問題を距離の意味で一般化した問題である。MaxIM問題は「リ
スクフリー」最大マッチング問題としても知られており、無線やアドホックネットワークにおけるメ
ッセージの並列通信やブロードキャストネットワークにおける安全通信チャネルなど多くの分野での
応用がある。最大マッチング問題はクラスPに属すのに対して、MaxIM問題は、入力グラフを正則グ
ラフや平面グラフなどに限定したとしてもNP困難となることが知られている。提出論文は、入力とし
て長さ5の誘導サイクルを含まない $\{C5\}$ フリー r 次正則グラフに限定した場合に、MaxIM問題に対する
 $(2r/3 + 1/3)$ 近似アルゴリズムを提案している。本アルゴリズムは $r \geq 6$ 以上において、従来の近似アル
ゴリズムを改善したものになっている。また、入力が長さ3および長さ5の誘導サイクルを含まない $\{C3,$
 $C5\}$ フリー r 次正則グラフの場合には、 $r \geq 3$ について従来よりも良い近似アルゴリズムであることも示
している。

学位論文審査の結果の要旨

本学位論文調査の要旨は以下である。本学位論文では、最大距離 d 独立集合問題および最大誘導マッ
チング問題という2つのグラフ最適化問題を扱っている。両最適化問題はNP困難問題であることが知
られており、本論文では両最適化問題に対して多項式時間で動作する近似アルゴリズムを提案し、ま
た近似の限界についても議論を行っている。本論文で扱っているグラフ最適化問題は、アルゴリズム論、
オペレーションズリサーチ、計算量理論の研究分野において多くの研究が行われてきたグラフ最適化問
題を一般化した問題という意味で重要な問題である。この重要なグラフ最適化問題の計算困難性、近
似容易性、近似困難性を詳細に調べており、従来結果を改善した結果も複数示していることが確認で
きた。このところより、本学位論文は、博士（情報工学）の学位論文に値するものと認めた。

最終試験の結果の要旨は以下である。本学位論文内容に関し、調査委員から、近似アルゴリズムの
設計アイデア、アルゴリズムの動作時間、計算困難性の証明の詳細、入力を平面グラフとしたとき
のアルゴリズムの詳細、距離 d と次数 r の関係などについて質問がなされたが、いずれも著者から満足
な回答が得られた。また、公聴会においても、多数の出席者があり、種々の質問がなされたが、いず
れも著者の説明によって質問者の理解が得られた。以上により、著者は試験に合格したものと認めた。

以上の論文調査および最終試験の結果に基づき、審査委員会において慎重に審査した結果、本論文
が、博士（情報工学）の学位に十分値するものであると判断した。